

**Biodiversitätsverluste  
durch Glyphosat in Deutschland:  
Ein Überblick**

Prof. Dr. Teja Tscharntke,  
Abteilung Agrarökologie der Georg-August-Universität Göttingen

## Vorwort

Seit 2015 setzt sich die Bürgerbewegung Campact für ein Verbot des Totalherbizids Glyphosat ein. 2017 unterzeichneten über 1,3 Millionen Menschen unsere Europäische Bürgerinitiative gegen Glyphosat. Nachdem die EU das Ackergift Ende 2017 für weitere fünf Jahre zugelassen hat, geht es nun darum, auf nationaler Ebene den Glyphosat-Ausstieg durchzusetzen. Verschiedene Hersteller haben neue Zulassungen für 29 glyphosathaltige Pestizide beantragt. Bis Ende 2018 entscheidet das Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (BVL) gemeinsam mit dem Umweltbundesamt, ob diese Produkte weiter in Deutschland verkauft werden dürfen.

Daher hat Campact Prof. Dr. Teja Tschardt beauftragt, eine Studie zu den Folgen des Glyphosat-Einsatzes für die Artenvielfalt in Deutschland zu erstellen. Er kommt zu folgenden Erkenntnissen:

- Seit Anfang der 1990er Jahre hat sich der Einsatz von Glyphosat verfünffacht. Der Artenschwund beschleunigt sich rasant. Dafür gibt es eine Reihe von Ursachen, aber dem Glyphosateinsatz kommt eine große Bedeutung zu.
- Glyphosat tötet nicht nur Unkräuter, sondern auch seltene Ackerwildkräuter, Amphibien, Pilze und Mikroorganismen (direkte, lethale Auswirkungen).
- Der Glyphosateinsatz führt zu einer großflächigen Vernichtung der Ackerbegleitflora. Von den 270 Ackerwildkrautarten in Deutschland sind ein Drittel gefährdet und regional bis zu 90 Prozent der Populationen verschwunden.
- Durch den Rückgang der Ackerwildkräuter verlieren zahlreiche Insekten die Nahrungsgrundlage. Seit 1990 sind 75 Prozent der Biomasse fliegender Insekten verloren gegangen. Von den 560 Wildbienenarten in Deutschland sind 41 Prozent bestandsgefährdet. Gleichzeitig gehen die Bestände von Feldvögeln wie dem Kiebitz drastisch zurück.
- Eine Wende hin zur Erhaltung und Wiederherstellung von Biodiversität erfordert, neben anderen Maßnahmen, auch den Verzicht auf Glyphosat und andere Herbizide. Ein Glyphosatverbot sollte zum Ausgangspunkt für eine Transformation der Landwirtschaft werden.

Das Gutachten bestärkt uns in der Forderung nach einem bundesweiten Glyphosat-Ausstieg. Angesichts der dramatischen Auswirkungen auf die Biodiversität dürfen die zuständigen Behörden keine Zulassungen für glyphosathaltige Pestizide erteilen.

Dr. Gerald Neubauer  
Campact e.V. Verden/Aller  
Juni 2018

# Biodiversitätsverluste durch Glyphosat in Deutschland

Prof. Dr. Teja Tscharntke,

Abteilung Agrarökologie der Georg-August-Universität Göttingen

## 1 Zusammenfassung

Der intensive Einsatz von Glyphosat in der deutschen Landwirtschaft bedeutet eine systematische, konstitutive Abhängigkeit des Ackerbaus von einem Totalherbizid – eine Entwicklung, die dem Gedanken des Integrierten Pflanzenschutzes widerspricht. Die Intensivierung der Landwirtschaft mit Agrochemikalien und mit der Beseitigung von landwirtschaftlich nicht direkt nutzbaren Landschaftselementen ist mit dem dramatischen Rückgang von Insekten, Feldvögeln und anderen Artengruppen verknüpft. So verschwanden seit 1990 drei Viertel der Insektenbiomasse aus Schutzgebieten in Deutschland und auch andere Daten belegen starke Verluste bei Insekten, so zum Beispiel bei der Hälfte aller gefährdeten Insektenarten in den letzten Jahrzehnten. Daten des Bundesamtes für Naturschutz verweisen auf direkte Folgen des Glyphosateinsatzes durch die weitgehende Vernichtung einer ursprünglich reichen Ackerwildkrautflora und durch direkte Auswirkungen auf das Bodenleben und wandernde Amphibien. Besonders bedeutsam sind die indirekten Auswirkungen von Glyphosat, da der Verlust der Ackerwildkrautflora zu Verlusten der assoziierten Insektenarten und Nahrungsnetze führt, wodurch zum Beispiel die Nahrungsbasis von Feldvögeln, deren Häufigkeit seit 1980 halbiert ist, betroffen ist. Die aktuelle Entwicklung zu artenarmen, monotonen Agrarlandschaften kann nur gestoppt werden, wenn die Agrarpolitik die Wende zu einer Biodiversitäts-freundlichen Landwirtschaft einleitet, den Einsatz von Totalherbiziden wie Glyphosat unterbindet und die Multifunktionalität unserer Kulturlandschaften (Biodiversitätsschutz, Erholung, Lebensmittelproduktion, Wasser- und Bodenschutz, etc.) als Priorität anerkennt.

## 2 Anwendung von Glyphosat in Deutschland

Die EU Kommission hat am 16.12.2017 die Zulassung von Glyphosat um weitere 5 Jahre verlängert. Deutschland und 17 weitere EU-Mitgliedsländer stimmten dafür, 9 Länder dagegen. Die Bundesregierung hat im laufenden Jahr, bis Dezember 2018, über die nationale Zulassung zahlreicher glyphosathaltiger Pestizide zu entscheiden.

Glyphosat ist ein Total- oder Breitband-Herbizid aus der Gruppe der Phosphonate, das über die Blätter aufgenommen wird und in alle Pflanzenteile (auch die Wurzel) eindringt

(systemische Wirkungsweise; BfN 2018, UBA 2017). Es wirkt auf alle Pflanzen (ein- und zweikeimblättrige Arten), indem ein Enzym blockiert wird, das zur Herstellung wichtiger Aminosäuren gebraucht wird. Glyphosat trifft nicht nur Pflanzen, sondern auch Pilze, d.h. es hat auch eine fungizide Wirkung und kann die Mykorrhiza beeinträchtigen oder pathogene Wurzelpilze (*Fusarium* im Getreide) fördern. Glyphosat trifft auch Mikroorganismen, so dass z.B. die Nitrifizierung (Umwandlung von Ammoniak in Nitrat) beeinträchtigt sein kann, ebenso wie die Stickstoffbindung durch Stickstoff-bindende Knöllchenbakterien (Rhizobien).

Glyphosat wird primär im Ackerbau eingesetzt: 37% der Äcker werden mit Glyphosat behandelt (zu 71% bei Raps, zu 48% bei Zuckerrübe, zu 27% bei Mais), aber auch im Wein- und Obstbau (JKI 2017). Es gibt 60% Stoppel- oder Nachernte-Anwendungen (um ein frisch abgeerntetes Feld von unerwünschtem Bewuchs zu befreien), 34% Vorsaatanwendungen (insbesondere bei pflugloser Bodenbearbeitung) und 6% Vorernteanwendungen (zur Sikkation/Abreifebeschleunigung bei Getreide und Raps) (JKI 2017). Abreifebeschleunigung ist in anderen EU Ländern verbreiteter: bei 78% des Rapses in Großbritannien und in Südeuropa bei ca. 50% der Sonnenblumen. Umgerechnet auf die Gesamtfläche von Deutschland wird die Stoppelbehandlung auf etwa 23,1 % der Fläche durchgeführt, 7,0 % der Fläche wird vor der Saat behandelt und auf 3,8% der Fläche werden Druschfrüchte sikkiert (Schulte 2017). Unkrautbekämpfung auf Stilllegungsflächen und im Unkraut erfolgt teilweise auch mit Glyphosat (JKI 2017).

Seit 2004 werden jährlich ca. 5000t Glyphosat in Deutschland verkauft (das sind 30% aller Herbizide), eine Verdopplung seit Ende der 1990er Jahre und eine Verfünffachung seit Anfang der 1990er Jahre (Bundesregierung 2011). Dazu kommen Privatanwender, bei denen die Bundesbahn eine besonders große Rolle spielt. Glyphosat ist aber auch im privaten Bereich (Hausgärten) zugelassen. Beim Glyphosat gibt es Anwendungsbeschränkungen in der deutschen Landwirtschaft: maximal zwei Behandlungen im Jahr (im Mindestabstand von 90 Tagen) und insgesamt nicht mehr als 3,6kg/ha und Jahr. Vorerntebehandlung ist im Ausnahmefall erlaubt (für die Sicherstellung der Erntefähigkeit), aber nicht als routinemäßige Vorerntebehandlung.

Für die deutsche Landwirtschaft ergibt sich derzeit ein durchschnittlicher jährlicher Einsatz von 8,8 kg Pflanzenschutzmitteln bzw. 2,8 kg Pflanzenschutzmittel-Wirkstoffen auf jeden Hektar Anbaufläche (UBA 2016a). Mit rund 34000t abgesetzter Wirkstoffe von Pflanzenschutzmitteln (2012) ist Deutschland auf Platz 1 in Europa (UBA 2016b). Der chemische Pflanzenschutz (mit allen Pestiziden) sieht typischerweise vor, im Winterweizen 4 mal zu behandeln (Roßberg 2016), beim Wein 10 mal und beim Tafelapfel sogar 31 mal. Der Inlandsabsatz von Fungiziden ist 1994 bis 2015 von rund 8000t auf 13000t gestiegen, der der Insektizide von 4000t auf 15000t (UBA 2017).

Interessanterweise ist das Interesse an und die Abhängigkeit vom massenhaften Pestizideinsatz erst in den letzten Jahrzehnten entstanden. Seit den 1950er Jahren stieg die

Anwendung von Pflanzenschutzmitteln stark an, aber noch Mitte der 1960er Jahre gab es bei den Landwirten verbreitete Skepsis gegenüber dem Einsatz von Pestiziden. Die Zustimmung zum chemischen Pflanzenschutz nahm schrittweise zu und 1970 lag der Pestizideinsatz bei 17.000t/Jahr, wobei auch da schon mit 50-60% die Herbizide eine Spitzenposition einnahmen (Mahlerwein 2016). Seit den 1980er Jahren wurde dann – angesichts der Zügellosigkeit im Pestizideinsatz - verstärkt der Integrierte Pflanzenschutz propagiert (siehe Mahlerwein 2016). Dennoch stieg der Absatz an PSM weiter an (2008: 43.000t) (Mahlerwein 2016).

Glyphosat-Nachweise gibt es mittlerweile zahlreich in diversen Lebensmitteln, z.B. im Getreide von Glyphosat-behandelten Feldern. Die Belastung von Oberflächengewässern und Grundwasser durch Glyphosat und sein Abbauprodukt AMPA liegt in Deutschland deutlich unter den Grenzwerten, in anderen europäischen Ländern aber oft deutlich höher (UBA 2016). Im Ackerbau sowie bei Gemüse und Obst kommen ca. 260 Wirkstoffe von über 700 zugelassenen Pflanzenschutzmittelpräparaten zum Einsatz (UBA 2016b), deren additive oder synergistische Wirkungen kaum bekannt sind. Denn die Auswirkungen jedes Mittels werden einzeln bewertet („Indikationszulassung“), so dass durch das Zulassungsverfahren kombinierte Effekte gar nicht zu erfassen sind (UBA 2017). Die im derzeitigen Zulassungsverfahren isolierte Betrachtung der einzelnen Pestizid-Anwendungen, obwohl die meisten Anbaukulturen im Verlauf einer Saison mehrmals mit demselben oder mit verschiedenen PSM behandelt werden (sog. Behandlungsregimes bzw. Spritzserien), erlaubt keine ganzheitliche Bewertung der Gefahren.

### **3 Biodiversitätsverluste durch Glyphosat**

#### **Aktuelle Biodiversitätsverluste in Deutschland**

Mit einem Flächenanteil von über 50 % ist die Landwirtschaft bundesweit der größte Flächennutzer, so dass sie schon aus diesem Grund einen sehr großen Einfluss auf die Artenvielfalt in unseren Kulturlandschaften hat. Die Intensivierung der Landwirtschaft seit den 1960er Jahren und die darauf folgende Flurbereinigung haben zu sehr großen Verlusten bei der Artenvielfalt in Agrarlandschaften geführt. Insofern hat es viele Experten überrascht, dass in den letzten Jahrzehnten immer noch ein so starker Rückgang in der Artenvielfalt zu beobachten ist, der in krassem Gegensatz zu den Zielen der Nationalen Biodiversitätsstrategie steht.

Eine aktuelle Studie zum Insektenrückgang belegt, dass mehr als 75% der Biomasse fliegender Insekten seit 1990 verloren gegangen ist (Hallmann et al. 2017). Die Autoren werteten die Fänge von Malaisefallen in 63 deutschen Schutzgebieten aus, von denen 26 mehr als einmal beprobt wurden. Auch wenn nur die Biomasse erfasst wurde, so ist doch

davon auszugehen, dass lokale Aussterbeprozesse in einer ähnlichen Größenordnung vonstattengegangen sind. Diese Studie belegt mit einer ungewöhnlichen großen Datenmenge und überzeugender statistischen Auswertung, dass Deutschland von einem dramatischen Insektensterben betroffen ist,

In Deutschland leben rund 33.305 Insektenarten, 328 Vogelarten und 104 Säugetierarten (BfN 2015), wobei ein großer Teil davon vom Aussterben bedroht ist (BfN 2015, BfN 2017). Von 17 der wirbellosen Tiergruppen (inkl. Insekten), für die Daten zur Gefährdung vorliegen, stehen 46% auf der Roten Liste (BfN 2015). Von diesen Rote-Liste Arten nahmen 51% seit 1998 weiter in ihrem Bestand ab, was die Dramatik der augenblicklichen Situation illustriert. Von den 560 Wildbienenarten sind 41% bestandsgefährdet, 30% der Tagsschmetterlinge auf Grünland sind seit 1990 deutlich seltener geworden und auch Schwebfliegen zeigen in den letzten Jahrzehnten dramatische Einbrüche in Arten- und Individuenzahlen (BfN 2017).

50% der Vögel, die landwirtschaftliches Offenland nutzen (die Feldvögel) und früher häufig und verbreitet waren, erfuhren zwischen 1980 und 2009 eine Halbierung ihrer Populationen (BfN 2015). Seit 1990 verringerte sich beispielsweise der Bestand des Feldsperlings um ein Drittel, derjenige des Kiebitzes um zwei Drittel, der des Rebhuhns um über 90% (BfN 2015).

Insgesamt leben in Deutschland 21 Amphibienarten, von denen 10 auf der Roten Liste gefährdeter Arten stehen, und 15 Reptilienarten, von denen 13 gefährdet sind ([www.amphibienschutz.de](http://www.amphibienschutz.de)). Das Leben der Amphibien ist eng mit dem Wasser verknüpft und sie sind wegen ihrer wasserdurchlässigen Haut gegenüber Pestiziden besonders empfindlich.

Von den 270 Ackerwildkrautarten in Deutschland sind ein Drittel gefährdet und regional sind bis 90% der Populationen verschwunden (BfN 2017).

Der Artenrückgang in den Agrarlandschaften bzw. Kulturlandschaften in Deutschland liegt sicher nicht allein am Einsatz von Glyphosat oder anderen Pestiziden, die Überdüngung und auch die Zerstörung naturnaher Landschaftselemente spielen auch eine große Rolle. 83% der Grünlandbiotoptypen verschwunden – wegen der landwirtschaftlichen Intensivierung, insbesondere wegen Überdüngung, Entwässerung oder gar Überführung in Ackerflächen (BfN 2017). Mehr als 95% der Moore sind entwässert in Deutschland, was für die Belastung mit klimawirksamen Gasen wie auch für die Verluste bei der Artenvielfalt alarmierend ist. Kurzum, es gibt eine Reihe von Ursachen für die dramatischen Biodiversitätsverluste in Deutschland, aber dem Glyphosateinsatz und der darauf abgestimmten Landbewirtschaftung kommt dabei eine große Bedeutung zu.

## **A Direkte lethale und sublethale Auswirkungen von Glyphosat**

### **Ackerwildkräuter**

Glyphosat vernichtet nicht nur Unkräuter, sondern gleichermaßen auch seltene Ackerwildkräuter. Die Ackerbegleitflora zählt heute zu den am stärksten gefährdeten Artengruppen, da in den letzten fünfzig Jahren rund ein Viertel der Arten (Reduktion von 301 auf 233 Gefäßpflanzen) ausgestorben ist (Meyer et al. 2013). Storkey et al. (2012) belegen, dass es europaweit (unter Berücksichtigung von 29 Ländern) einen positiven Zusammenhang zwischen landwirtschaftlicher Intensivierung, dargestellt über den Weizenertrag, und der Anzahl seltener, bedrohter oder ausgestorbener Ackerwildkrautarten gibt. Nach diesen Daten sind bei rund 4t/ha nur 20% der Arten gefährdet, bei rund 9t/ha aber schon 60% (siehe Abbildung im Anhang); die Unterschiede werden am besten erklärt durch eine Kombination von Herbizid- und Düngereinsatz. Geiger et al. (2010) zeigen in ihrer europaweiten Studie, dass eine Verdopplung im Weizenertrag von 4t auf 8t pro ha mit dem Verlust von 56% der Pflanzenarten auf dem Acker einher geht (siehe Abb. Im Anhang); die Anzahl Herbizidapplikationen hatte einen hoch signifikanten Einfluss auf diese starken Pflanzenartenverluste. Die aktuelle Übersichtsarbeit von Gerowitt et al. (2017) macht auch deutlich, dass der Einsatz von Glyphosat und anderen Herbiziden einer der wichtigsten Faktoren für Verluste bei der Ackerwildkrautflora ist und listet eine Reihe von Biodiversitätsfördernden Auswirkungen der Ackerwildkrautflora auf. Zu einer reichen Ackerwildkrautflora gehören auch all die vielen Arten von Mikroorganismen und Insekten, die als Konsumenten von Ackerwildkräutern auftreten (und zum Teil auch für die Regulation von Unkrautpopulationen wichtig sein können; Müller-Schärer et al. 2007). Andreasen & Stryhn (2008) berichten aus Dänemark, dass eine rigorose Reduktion des Herbizideinsatzes weitere Verluste von Ackerwildkräutern verhindert hat.

Weltweit sind >41 Unkräuter gegen Glyphosat resistent (weedsience.org), darunter Unkraut-Arten Deutschland wie Kamille, Vogelmiere, Weißer Gänsefuß, Berufskraut- und Melde-Arten, bei denen Resistenzen bisher nur punktuell aufgetreten sind (<https://agrar.bayer.de>). Bedeutende und verbreitete Resistenzen in Deutschland gibt es vor allem beim Ackerfuchsschwanz (*Alopecurus myosuroides*) und Windhalm (*Apera spica-venti*). Das macht deutlich, wie der Glyphosateinsatz zur Entwicklung multiresistenter Superunkräuter beiträgt.

Weltweit gibt es insgesamt >430 Fälle herbizidresistenter Unkräuter, darunter auch Arten, die gegen fast alle Herbizide resistent sind. In den USA kämpfen mehr als die Hälfte der Landwirte mit Unkrautresistenzen. Resistenzen kommen in 91 Nutzpflanzen-Kulturen vor und es gibt sie gegen 23 der 26 bekannten Herbizidklassen. Gab es 1975 erst vereinzelte Resistenzen, lagen sie 1995 schon bei rund 200 Arten vor (Moss 2017). In Deutschland ist der Ackerfuchsschwanz das wichtigste Herbizid-resistente Unkraut – es kommt auf praktisch

allen Herbizid-behandelten Flächen vor, mit Resistenzen gegen praktisch alle Herbizidklassen (Moss 2017). Der resistente Ackerfuchsschwanz kann - trotz Glyphosateinsatz - lokal bis zu 50% Ertragseinbußen beim Weizen verursachen.

### **Bodenleben und Rhizosphäre**

Die Abtötung der Ackerwildkrautflora trifft auch die mit der **Rhizosphäre** (dem Wurzelraum) assoziierte Lebewelt, zu der zahllose Mikroorganismen und Kleintiere zählen. Zum einen wird dieser im Boden artenreichste Lebensraum indirekt durch das Abtöten von Pflanze und Wurzel zerstört, zum anderen ist Glyphosat auch ein direktes Gift für Pilze und Mikroorganismen. Beispielsweise kann Glyphosat in üblicher Dosierung sich negativ auf Pflanzenwachstums-fördernde Bakterien und Mykorrhiza Pilze auswirken (van Bruggen et al. 2018).

**Regenwürmer** zeigten nach Glyphosat-Applikation stark reduzierte Aktivität (beim tiefgrabenden *Aporrectodea caliginosa*) bzw. eine Halbierung der Nachkommen (beim horizontalbohrenden *Lumbricus terrestris*) (Gaupp-Berghausen et al. 2015), wobei die Autoren auch auf die durch den Glyphosat-Einsatz verursachte sehr starke Freisetzung pflanzenverfügbaren Nitrats hinweisen.

### **Amphibien**

Innerhalb der Gruppe der Wirbeltiere, konnten direkte, lethale Auswirkungen vor allem bei **Amphibien** festgestellt werden (Plötner & Matschke 2012, Relyea 2005 a, b, Wagner 2015). Amphibien können sich bei der Ausbringung von Glyphosat zeitgleich auf den Feldern befinden, da sie auf der Wanderung zu ihren Gewässern bzw. auf dem Rückweg Äcker durchstreifen können (Berger et al. 2013). In ihrer Studie zeigen Berger et al. (2013) am Beispiel von Rotbauchunke, Moorfrosch, Knoblauchkröte und Kammmolch, dass zur Zeit der Nacherntebehandlung wie auch der Voraufbau-Anwendung von Glyphosat (im Mais) es mit wandernden Tieren Überlappungen gab. Weiterhin zeigen Brühl et al. (2013), dass Amphibien wie die gewöhnlichen Grasfrösche sehr empfindlich auf Pestizidapplikationen reagieren, weil die feuchte Haut von Fröschen (und anderen Amphibien) die Stoffe in viel größeren Mengen absorbiert als die von anderen Arten. Wagner (2015) zeigt auf, dass nicht nur in Laborexperimenten die sehr toxischen, lethalen Wirkungen von Glyphosat und anderen Pestiziden auf Amphibien belegt sind, sondern auch besonders bedrohte Amphibienarten ein hohes Glyphosat- und Pestizid-Expositionsrisiko haben und dadurch erheblich gefährdet sind. In Deutschland stehen seit 1980 alle Amphibienarten durch die Bundesartenschutzverordnung § 1 unter Schutz.

### **Fliegende Insekten**

Sublethale Auswirkungen von Glyphosat, welche Verhaltensstörungen und verringerte Vitalität verursachen, sind von Honigbienen bekannt (Störung des Orientierungsverhaltens, Balbuena et al. 2015), sowie von potentiellen natürlichen Gegenspielern von Schadinsekten wie Spinnen (Benamu et al. 2009) und Florfliegen (Schneider et al. 2009). Solche sublethalen Wirkungen können erhebliche Bedeutung für das langfristige Überleben von Insektenpopulationen haben und werden bisher in der Bewertung von Pestiziden und anderen Chemikalien völlig unterschätzt (Desneux et al. 2007)

## **B Indirekte Auswirkungen von Glyphosat**

Der großflächige Glyphosateinsatz und damit die großflächige Vernichtung der Ackerbegleitflora zerstört wichtige Ressourcen für die assoziierte Tierwelt (BfN 2018). Grundsätzlich gehen mit dem Verlust von Arten, insbesondere von Pflanzenarten, kaskadenartig weitere Arten und oft ganze Nahrungsnetze verloren (Colwell et al. 2012). Herbivore Insekten verlieren ihre Nahrungsbasis, was besonders deutlich an den auf annuelle Ackerwildkräuter spezialisierten Insektenarten fest zu machen ist, aber auch für eher generalistische Insektenarten gilt. Fehlen herbivore Insekten, geht eine wichtige Nahrungsressource für die Vielzahl an natürlichen Gegenspielern (Prädatoren oder Räuber, auch unter den Vögeln, Kleinsäugetern und Fledermäusen) verloren. Räuberische Käfer und Spinnen auf dem Acker profitieren auch von der durch Wildkräuter geschaffenen Deckung und dem Mikroklima. Die in zahlreichen Publikationen belegte Zunahme der Artenzahl von räuberischen Insekten mit der Pflanzenartenzahl auf dem Acker ist auch eine elementare Voraussetzung für eine stärkere biologische Kontrolle von aktuellen oder potentiellen Schädlingen (Norris & Kogan 2005).

Geiger et al. (2010) zeigen in ihrer europaweiten Studie, dass eine Verdoppelung des Weizenenertrags von 4t auf 8t pro ha mit dem Verlust von 56% der Pflanzenarten, 29% der Laufkäferarten, 33% der Vogelarten und einer reduzierten Kontrolle von Getreideblattläusen einher geht (siehe Abb. im Anhang); der Pestizideinsatz war die beste Erklärung der Verluste. Zuckerrübenfelder, die in Irland mit Herbiziden behandelt wurden, erwiesen sich als sehr viel ärmer an Individuen und Arten von wichtigen natürlichen Gegenspielern wie Laufkäfern, Kurzflügelkäfern und parasitischen Wespen (Purvis & Curry 1984). In einem Überblick über die zahlreichen Studien zum Vergleich von Herbizid-behandelten und Herbizid-unbehandelten Flächen kommen Dicks et al (2014) zum Schluss, dass die Artenzahl von Pflanzen, Invertebraten und Vögeln vom Verzicht auf Herbizide überwiegend profitiert.

Scherber et al. (2010) belegen in einer umfassenden experimentellen Studie, wie eine zunehmende Pflanzenartenzahl auch andere Organismengruppen fördert, insbesondere

Pflanzenfresser und deren Konsumenten sowie Bestäuber. Zum Beispiel nimmt die Artenzahl von Bienen und Tagschmetterlinge auf Ackerbrachen mit der lokalen Pflanzenartenzahl zu (Gathmann et al. 1994, Steffan-Dewenter & Tschardt 1997, Steffan-Dewenter & Tschardt 2001). In einer ähnlich umfangreichen Synthese wie Scherber et al. (2010) zeigen Meyer et al. (2018), dass die Multifunktionalität von Ökosystemen mit der Zunahme der Pflanzenartenzahl ansteigt und dass sogar 60 Pflanzenarten nötig sind, wenn man alle 82 Ökosystemfunktionen, die die AutorInnen quantifizierten, berücksichtigt.

Ökologisch bewirtschaftete Flächen beherbergen im Mittel 30% mehr Arten, wie eine aktuelle Metaanalyse zeigt, wobei die Ackerwildkräuter aufgrund des Herbizidverzichts im ökologischen Landbau am stärksten profitieren (Tuck et al. 2017). Dieser Unterschied in der Verunkrautung hat entsprechende Auswirkungen auf die von Ackerwildkräutern profitierenden, assoziierten Arten. So fanden beispielsweise Holzschuh et al. (2008) in der Nähe von Göttingen, dass die Untersuchungsflächen im Öko-Weizen 13 blühende Pflanzenarten mit einer 3% Deckung aufwiesen, dagegen die im konventionellen Winterweizen nur 5 Arten mit 0,1% Deckung. Ähnlich fanden Batary et al. (2017) in Niedersachsen und Thüringen, dass der um 44% höhere Artenreichtum im ökologischen (verglichen mit dem konventionellen) Winterweizen durch die Unterschiede in der Ackerwildkrautflora bestimmt war.

### **Von Ackerwildkrautarten als Nahrungsressource abhängige Insekten**

Blütenbesuchende Insekten wie Bienen oder Tagschmetterlinge sind durch das Verschwinden der Ackerwildkräuter besonders betroffen. Holzschuh et al. (2007) fand in unkrautreichen, ökologisch bewirtschafteten Weizenfeldern in der Umgebung von Göttingen, auf denen auch gefährdete Ackerwildkräuter wie Adonisröschen und Kornblume vorkamen, sechs auf der Roten Liste gefährdeter Arten stehende Bienenarten. In einer weiteren Studie (Holzschuh et al. 2008) fand sie an Ackerwildkräutern sechs gefährdete Bienenarten im Öko-Weizen. Westrich (2018) listet viele Wildbienenarten auf, die auf bestimmte Pflanzenarten als Pollen-Nahrungsquelle angewiesen sind, darunter auch viele Bienen, die an einjährigen, auf Äckern zu findenden Arten anzutreffen sind (z. B. an Kreuzblütlern, Brassicaceae).

Bei den Tagschmetterlingen gibt es sogar Arten, die auf Ackerwildkräuter als Futterpflanze angewiesen sind. So frisst der Kleine Perlmutterfalter, eine Rote-Liste-Art, am Acker-Stiefmütterchen (Steffan-Dewenter & Tschardt 1997). Weiterhin gibt es eine Reihe von Rüsselkäfer-, Blattkäfer-, Glattkäfer- und anderen Käferarten, die in Deutschland an einjährigen Wildkräutern leben (Tabelle 1 in Tschardt et al. 1996).

### **Insektenfressende Feldvögel**

Der Europäische Farmland Bird Index zeigt zwischen 1980 und 2014 eine Abnahme auf 43% des Ausgangswerts (BfN 2017), wofür die Intensivierung der Landwirtschaft eine zentrale

Rolle spielt. Seit Ende der 1990er-Jahre erlitt jede dritte in Deutschland brütende Vogelart Bestandsrückgänge (BfN 2015). Arten, die während der Brutzeit Insekten und Spinnen fressen, zeigen in Deutschland besonders starke Bestandsrückgänge (BfN 2017) – was angesichts des 75%igen Verlustes der Insektenbiomasse in diesem Zeitraum (Hallmann et al. 2017) nicht verwunderlich ist. Dabei wird dem sich stetig ausweitenden Einsatz von Pestiziden eine besonders negative Bedeutung beigemessen (UBA 2016a).

### **Unkrautreiche Äcker befördern sogar die Artenvielfalt in der umgebenden Landschaft**

Die Pflanzen- und Tierarten, die auf Ackerflächen oder auch auf Naturschutzflächen in unseren Kulturlandschaften anzutreffen sind, beschränken sich typischerweise nicht auf diese kleinen Flächen, sondern nutzen auch die Flächen in der umgebenden Landschaft (Tschardt et al. 2005, Tschardt et al. 2012b). Die Populationen kann man also nicht isoliert betrachten - sie sind eingebunden in ein Mosaik von Flächennutzung.

So fanden Holzschuh et al. (2008) nicht nur, dass ökologische Weizenflächen sehr viel mehr blühende Ackerwildkräuter aufwiesen als konventionelle Flächen, sondern dass dies auch Bedeutung hatte für Brachestreifen in der Umgebung: Wies die Landschaft 5% ökologischen Weizen auf, so gab es auf den umliegenden Brachestreifen 3 Wildbienenarten, gab es 20% schon 5 Arten und bei 50% Öko-Weizen 10 Wildbienenarten (siehe Abb. Im Anhang). Diese Untersuchung illustriert, dass Verunkrautung Landschafts-weite Bedeutung für die Artenvielfalt haben kann, gerade auch für eine funktionell so bedeutende Gruppe wie die Wildbienen.

Seit langem ist bekannt, dass der Artenpool in einer Landschaft oder Region die lokale Artenzahl bestimmt (Tschardt et al. 2012b). Entsprechend ist es wichtig, dass in der ganzen Landschaft Ressourcen wie die Ackerwildkräuter angeboten werden, da damit ein größerer Artenpool von Insekten und Vögeln verbunden ist bzw. sein sollte. Artenreiche Landschaften ermöglichen erst, dass es zu einer steten Besiedlung von lokalen Lebensräumen und damit zu einer Stabilisierung von Populationen kommen kann (Blitzer et al. 2012). Folglich geht es bei dem Erhalt der Artenvielfalt weniger um lokal Maßnahmen als um eine Verbesserung der Situation auf der Ebene von Landschaften und Regionen (Tschardt et al. 2005).

In ähnlicher Weise zeigen viele Arbeiten, dass Ackerflächen (gleicher Größe und Bewirtschaftung) in strukturreichen Agrarlandschaften sehr viel artenreicher sind als in strukturarmen, von Ackerflächen dominierten Landschaften (Tschardt et al. 2005, Batary et al. 2011). Beispielsweise fanden Roschewitz et al. (2005), dass in strukturreichen Landschaften rund dreimal so viele Ackerwildkrautarten in konventionellem Weizen vorkommen wie in strukturarmen, nur von Ackerbau geprägten Landschaften (wobei sie insgesamt 23 Pflanzenarten der Roten Liste nachwiesen). In ähnlicher Weise gibt es 3-4 mal weniger Bienenarten, wenn die Landschaft ausgeräumt ist - aber die Bienenarten konnten

um das rund zehnfache zunehmen, wenn das Blütenangebot anstieg, was vor allem im organischen Weizen der Fall war (Holzschuh et al. 2007).

Kormann, Rösch et al. (2015) dokumentieren, dass Kalkmagerrasen in der Umgebung Göttingens, die geschützte Lebensräume darstellen, in bunten, strukturreichen Landschaften (mit weniger als 20% Ackerflächen) ein Drittel mehr Arten (von Pflanzen und acht Insektengruppen) aufweisen als in ausgeräumten Landschaften (mit >90% konventionell bewirtschafteten Ackerflächen). Diese und andere, ähnlich gelagerten Untersuchungen machen deutlich, dass Schutzgebiete, die isoliert in einer ausgeräumten, artenarmen Agrarlandschaft mit durch Glyphosat artenarm gespritzten Ackerflächen liegen, über kurz oder lang ihren Artenreichtum verlieren. Das liegt daran, dass in diesen Fällen Aussterbeprozesse in den Schutzgebieten überhand nehmen, da eine Besiedlung von außerhalb nicht mehr stattfindet (Tschardt & Brandl 2005). Diese Verschiebung der Aussterbe-Besiedlungs-Dynamik zugunsten des Aussterbens spielt bei dem von Hallmann et al. (2017) beobachtetem „Insektensterben“ in Schutzgebieten (siehe oben) vermutlich eine entscheidende Rolle.

#### **4 Eine Landwirtschaft ohne Glyphosat**

Glyphosat wurde 1974 erstmals zugelassen als Roundup (von Monsanto). 2000 lief das Patent aus und seitdem gibt es zahlreiche Hersteller und Produkte. Der Vorteil der Glyphosatanwendung liegt für die Landwirtschaft in der einfach zu handhabenden, effektiven und billigen Unkrautbeseitigung. Eine Wende hin zur Erhaltung und Wiederherstellung von Biodiversität in unseren Kulturlandschaften erfordert viele Maßnahmen, zu denen auch ein Verzicht auf Glyphosat und andere Herbizide gehört, begleitet von einer Umstellung der Landwirtschaft auf alternative Verfahren der Unkrautbeseitigung mit alternativen Anbauverfahren, robusteren Sorten, intensiverer Bodenbearbeitung, mechanischer Unkrautbekämpfung, veränderten Fruchtfolgen etc.. Konservierende Bodenbearbeitung, d.h. ohne tiefes Pflügen, wird gegenwärtig in der Regel durch hohen Unkrautdruck und Glyphosateinsatz erkaufte, ist aber insbesondere in erosionsgefährdeten Lagen (z.B. Wein-Steilhänge) sinnvoll. Glyphosat gilt als relativ umweltverträglich im Vergleich zu vielen anderen Herbiziden: geringe Mobilität, kurze Lebensdauer (Halbwertszeit bei 1-197 Tagen) und niedrige Wirbeltier-Toxizität (Steinmann et al. 2016); insofern wäre mit einem Ersatz von Glyphosat durch andere Herbizide nichts gewonnen (Steinmann et al. 2016).

Deswegen sollte ein Glyphosatverbot als Ausgangspunkt für eine Transformation der bisherigen Landwirtschaft gesehen werden, welche die negativen Effekte von Pestiziden und die positiven Leistungen von Ackerwildkräutern neu bewertet und die Prinzipien des integrierten Pflanzenschutzes respektiert (das würde eine grundlegende Transformation der

Bewirtschaftung bedeuten, wie sie bei der Tierhaltung schon verbreitet gefordert wird). Nicht zuletzt zeigt die ökologische Landwirtschaft, wie Nahrungsmittel ohne Totalherbizide produziert werden können.

### **Unkrautbekämpfung ohne Glyphosat**

Eine Bekämpfung von Unkraut durch eine veränderte Anbauweise mit mechanischer Bekämpfung erlaubt Restunkraut, das ökologisch von großer Bedeutung ist. Es braucht zuvorderst Forschungsergebnisse, die eine ökonomisch tolerierbare Verunkrautung definieren. Es sollten Grenzwerte erarbeitet werden, die Ackerwildkraut-Deckungsgrade mit geringen Produktionseinbußen aber hohen Biodiversitätsgewinnen identifizieren. Dabei sind auch positive aggregierte Effekte auf Landschaftsebene zu berücksichtigen (siehe unten).

Eine Landwirtschaft ohne Glyphosat oder andere Herbizide erfordert grundlegende Veränderungen, ist aber „durch ackerbauliche Maßnahmen in Form von mechanischer Unkraut- und Aufwuchsregulierung erreichbar“ (JKI 2017, Melander et al. 2017). Lechenet et al (2017) untersuchten 946 Bauernhöfe in Frankreich und kamen zu dem Ergebnis, dass 77% der Höfe weniger Pestizide einsetzen könnten, ohne Einbußen beim Ertrag hinnehmen zu müssen. In der Summe könnten 42% weniger Pestizide (bei Herbiziden 37%) eingesetzt werden.

**Sortenwahl:** Das beginnt mit einem Verzicht auf anfällige, instabile Hohertragsorten – zugunsten von Sorten, die konkurrenzkräftiger gegen Unkraut und resistenter gegen Pathogene und Schädlinge sind. Eine konkurrenzfähige Sorte ist die beste Maßnahme gegen Unkräuter (Melander et al. 2017).

**Fruchtfolge:** Fruchtfolgen sind extrem kurz geworden. In Niedersachsen wird in 47% der Fälle Mais nach Mais angebaut, im Winterweizen in 30% der Fälle Weizen nach Weizen und kurze, dreigliedrige Fruchtfolgen (zB Zuckerrübe-Weizen-Weizen, Raps-Weizen-Gerste) sind verbreitet (Steinmann & Dobers 2013). Dabei werden gerade bei Monokultur-Anbau (Mais, Weizen) Problemunkräuter gefördert. Lange, diversifizierte Fruchtfolgen verhindern oft das Aufkommen von Unkrautproblemen (Melander et al. 2017). Die Wechsel von Sommerungen mit Winterungen sowie von Halmfrucht und Blattfrucht ist dabei besonders zielführend. **Mischkulturen und Untersaaten** können erheblich den Unkrautdruck verringern (Melander et al. 2017). **Zwischenfrüchte** zur Begrünung, um die Ackerfläche zwischen zwei Hauptfruchtarten, also z.B. zwischen Herbst und Frühjahr zu bedecken, haben sehr positive Effekte, zu denen die geringere Nitrataustragsgefährdung, geringere Erosion sowie Unkrautunterdrückung und Beseitigung durch anschließendes Mulchen zählen. Zwischenfrüchte sind in manchen europäischen Ländern, z.B. Dänemark und Frankreich, obligatorisch (Melander et al. 2017).

**Bodenbearbeitung** (Pflügen, Grubbern) ist von zentraler Bedeutung bei der mechanischen Unkrautbekämpfung, so dass konservierende Bodenbearbeitung bei starkem

Unkrautdruck eine Herausforderung darstellt (Melander et al. 2017). Mechanische Unkrautbekämpfung erfolgt auch durch **Striegeln**, wozu ein der Egge ähnelndes Arbeitsgerät eingesetzt wird (Melander et al. 2017).

Unter **Precision Agriculture** oder Präzisionsackerbau versteht man, die Heterogenität eines Ackers bei der Bewirtschaftung zu berücksichtigen, um gezielt Flecken mit Unkräutern oder mangelnder Düngung zu identifizieren und zu behandeln (Computer-Aided Farming). Die Erwartung ist, dass durch gezieltes, fleckenhaftes Ausbringen von Pestiziden der Pestizidverbrauch dramatisch eingeschränkt werden könnte. Die Positionen der Bearbeitungsmaschinen werden auf den Flurstücken erfasst und die Maschinen wiederum dokumentieren die Kennwerte (zum Beispiel Ertrag) schon während der Bearbeitung. Diese Daten werden dann ausgewertet, so dass die anschließende Bodenbewirtschaftung, zum Beispiel die Düngung oder der Herbizideinsatz, darauf abgestimmt werden kann. Diese Art der Bewirtschaftung wird teilflächenspezifisch genannt, da innerhalb eines großen Feldes die Auswirkungen unterschiedlicher Böden berücksichtigt werden können.

### **Das Prinzip des Integrierten Pflanzenschutzes: Agrarchemie als letzte Option**

„Eine wesentliche Voraussetzung für die Leistungsfähigkeit bei vielen Anbaukulturen ist der intensive Einsatz chemischer Pflanzenschutzmittel, was faktisch eine systembedingte Abhängigkeit bedeutet“, schreibt das Umweltbundesamt (UBA 2016a). Grundprinzipien des Integrierten Pflanzenschutzes werden missachtet. Der §2 des Pflanzenschutzgesetzes besagt dass es beim Integrierten Pflanzenschutz um „eine Kombination von Verfahren (geht), bei denen unter vorrangiger Berücksichtigung biologischer, biotechnischer, pflanzenzüchterischer sowie anbau- und kulturtechnischer Maßnahmen die Anwendung chemischer Pflanzenschutzmittel auf das notwendige Maß beschränkt wird“. Demnach gehört der integrierte Pflanzenschutz zur „guten fachliche Praxis“. Entsprechend sollte beim Pflanzenschutz der präventive Pflanzenschutz durch Sortenwahl, Anbauverfahren und Gegenspielerförderung, die Beachtung der wirtschaftlichen Schadensschwelle (z.B. für die Verunkrautung) und der Einsatz biologischer und technischer Verfahren im Vordergrund stehen. Stattdessen stehen jetzt Anbauverfahren im Vordergrund, für die Agrochemikalien konstitutiv sind und - wie im Fall von Glyphosat - grundsätzlich immer angewandt werden. „Die Stoppelanwendungen (werden) eher als ackerbauliche Routineanwendung durchgeführt“ (Steinmann et al 2016) und sind nicht mehr eine gezielte Pflanzenschutzmaßnahme, wenn andere Maßnahmen nicht greifen.

Weiterhin dürfen laut Pflanzenschutzgesetz (§12) Pestizide/Pflanzenschutzmittel nur auf landwirtschaftlich, forstwirtschaftlich oder gärtnerisch genutzten Flächen eingesetzt werden. Tatsächlich wird aber häufig beobachtet und ist durch Umweltverbände gut dokumentiert, dass auch Feldrandstreifen mit Glyphosat behandelt werden.

Die sogenannte Landwirtschaftsklausel im Bundesnaturschutzgesetz (in der Fassung von 1976) privilegiert die landwirtschaftliche Bodennutzung gegenüber dem Naturschutz, da ein positiver Zusammenhang zwischen beiden vermutet wird. In §1 steht, dass die ordnungsgemäße Landwirtschaft dem Schutz von Natur und Landschaft diene und (§8) keinen Eingriff in Natur und Landschaft darstelle (UBA 2016b). Diese Einschätzung übersieht aber, dass die gute fachliche Praxis (§5) heutzutage eine wesentliche Ursache für den Rückgang der biologischen Vielfalt darstellt, so dass manche Autoren sogar von subventionierter Naturzerstörung sprechen. Das Umweltbundesamt (UBA 2016) schreibt: „... mit der nahezu vollständigen Vernichtung aller Kräuter und Gräser auf dem Acker wird nicht nur die Vielfalt der Flora stark reduziert, sondern allen anderen an Ackerlebensräume gebundenen Arten wie z.B. Insekten oder Feldvögeln flächenhaft die Nahrungsgrundlage entzogen. In der Folge können ganze Nahrungsnetze von der Pflanze über Insekten bis zu den Feldvögeln zusammenbrechen“. Die biologische Vielfalt ist zwar als eigenständiges Schutzgut im Pflanzenschutzrecht festgeschrieben (Verordnung (EG) Nr. 1107/2009), findet hier aber wenig Beachtung. Zudem ist auf den Art. 20a des Grundgesetzes zu verweisen, nach dem „für die künftigen Generationen die natürlichen Lebensgrundlagen und die Tiere im Rahmen der verfassungsmäßigen Ordnung“ durch den Staat zu schützen sind.

Zu den nationalen Nachhaltigkeitszielen in Deutschland zählt schon seit längerem, den Flächenanteil der ökologischen Landwirtschaft auf 20% zu erhöhen (momentan beträgt er 6%). In ähnlicher Weise besteht schon seit langem das Ziel, ein durchgängiges Biotopverbundsystem auf 10% der Landesfläche zu realisieren (UBA 2016b). Seit dem Wegfall der obligatorischen Flächenstilllegung in der EU im Jahre 2007 und der darauf folgenden Intensivierung der Flächennutzung haben sich die Rahmenbedingungen für den Schutz biologischer Vielfalt nochmal verschlechtert (UBA 2016b). Ebenso wird im 5-Punkte Programm des UBA (2016a) gefordert, den Integrierten Pflanzenschutz auf seinen Grundgedanken zu verpflichten und die indirekten negativen Effekte von Pestiziden auf die biologische Vielfalt neu zu bewerten.

Die Agrarsubventionen stellen aktuell nach wie vor 38 Prozent des gesamten EU-Haushalts aus (Pe'er et al. 2017, European Commission 2018). In Deutschland erhielt die Landwirtschaft im Jahr 2017 insgesamt 6,5 Milliarden Euro Unterstützung, der durchschnittliche Anteil der Transferzahlungen am Einkommen unserer Landwirte betrug etwa 48 Prozent (European Commission, 2018). Die sogenannte Internalisierung externer Effekte sollte bei der finanziellen Unterstützung der Landwirtschaft im Vordergrund stehen, d.h. Bezahlung von positiven Effekten (z.B. Eindämmen von Biodiversitätsverlusten oder von Wasser-Kontamination) und Sanktionierung negativer Effekte (z.B. der großflächige Einsatz von Totalherbiziden wie Glyphosat).

## Zitierte Literatur

- Andreasen, C., & Stryhn, H. (2008). Increasing weed flora in Danish arable fields and its importance for biodiversity. *Weed Research*, 48(1), 1-9.
- Balbuena, M.S., Tison L., Hahn, M.L., Greggers U., Menzel, R., Farina, W.M (2015): Effects of sublethal doses of glyphosate on honeybee navigation. *Journal of Experimental Biology* 218(17): 2799-2805.
- Batáry P, Báldi A, Kleijn D, Tschamntke T (2011): Landscape-moderated biodiversity effects of agri-environmental management: a meta-analysis. *Proceedings of the Royal Society B* 278: 1894-1902.
- Batáry, P., Gallé, R., Riesch, F., Fischer, C., Dormann, C.F., Mußhoff, O., Császár, P., Fusaro, S., Gayer, C., Happe, A.-K., Kurucz, K., Molnár, D., Rösch, V., Wietzke, A., Tschamntke, T. (2017) The former Iron Curtain still drives biodiversity–profit trade-offs in German agriculture. *Nature Ecology & Evolution* 1, 1279–1284.
- Benamu, M.A., Schneider, M.I. & Sanchez, N.E. (2009): Effects of the herbicide glyphosate on biological attributes of *Alpaida veniliae* (Araneae, Araneidae) in laboratory. *Chemosphere* 78: 871-876.
- Berger G, Graef, F, Pfeffer H (2013) Glyphosate applications on rable fields considerably coincide with migrating amphibian. *Scientific Reports* 3: 2622.
- BfN (Bundesamt für Naturschutz) (2015) Artenschutz-Report. Tiere und Pflanzen in Deutschland. Bonn
- BfN (Bundesamt für Naturschutz) (2017) Agrar-Report. Biologische Vielfalt in Agrarlandschaften. Bonn
- BfN (Bundesamt für Naturschutz) (2018) Auswirkungen von Glyphosat auf die Biodiversität. Bonn, 1-13.
- Blitzer, E. J., Dormann, C., Holzschuh, A., Klein, A.-M., Rand, T. & Tschamntke, T. (2012). Functionally important spillover of organisms across the managed system-natural habitat interface—a review. *Agriculture Ecosystems and Environment* 146, 34–43.
- Brühl C., Schmidt T, Pieper S, Alscher A (2013) Terrestrial pesticide exposure of amphibians: an underestimated cause of global decline? *Scientific Reports* 3: 1135.
- Bundesregierung (Antwort der Bundesregierung auf die Kleine Anfrage Bündnis 90/Die Grünen) (2011) Risikobewertung und Zulassung des Herbizid-Wirkstoffs Glyphosat. Drucksache 17/7168 vom 27.9.2011.
- Colwell, R. K., Dunn, R. R., & Harris, N. C. (2012). Coextinction and persistence of dependent species in a changing world. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 43, 183-203.
- Desneux, N., Decourtye, A., & Delpuech, J. M. (2007). The sublethal effects of pesticides on beneficial arthropods. *Annu. Rev. Entomol.*, 52, 81-106.

- Dicks, L. V., Ashpole, J. E., Dänhardt, J., James, K., Jönsson, A. M., Randall, N., ... & Sutherland, W. J. (2014). *Farmland Conservation: Evidence for the effects of interventions in northern and western Europe* (Vol. 3). Pelagic Publishing Ltd.
- DLG (2011) Getreideerträge in den letzten 15 Jahren nur marginal gestiegen. Pressedienst, Frankfurt, 12.1.2011.
- European Commission (2018) The common agricultural policy at a glance.  
[https://ec.europa.eu/info/food-farming-fisheries/key-policies/common-agricultural-policy/cap-glance\\_en](https://ec.europa.eu/info/food-farming-fisheries/key-policies/common-agricultural-policy/cap-glance_en)
- Gathmann A, Greiler, H-J, Tschardt T (1994): Trap-nesting bees and wasps colonizing set-aside fields: Succession and body size, management by cutting and sowing. *Oecologia* 98: 8-14.
- Gaupp-Berghausen, M., Hofer, M., Rewald, B. & Zaller J.G. (2015): Glyphosate-based herbicides reduce the activity and reproduction of earthworms and lead to increased soil nutrient concentrations. *Scientific Reports* 5: 12886.
- Geiger F, Bengtsson J, Berendse F, Weisser WW, Emmerson M, Morales MB, Ceryngier P, Liira J, Tschardt T, Winqvist C, Eggers S, Bommarco R, Pärt T, Bretagnolle V, Plantegenest M, Clement LW, Dennis C, Palmer C, Onate JJ, Guerrero I, Hawro V, Aavik T, Thies C, Flohre A, Hänke S, Fischer C, Goedhart PW, Inchausti P (2010): Persistent negative effects of pesticides on biodiversity and biological control potential on European farmland. *Basic and Applied Ecology* 11: 97-105.
- Gerowitt, B., Barberi, P., Darmency, H., Petit, S., Storkey, J., & Westerman, P. (2017). Weeds and Biodiversity. *Weed Research: Expanding Horizons*, 115-147.
- Hallmann CA, Sorg M, Jongejans E, Siepel H, Hofland N, Schwan H, et al. (2017) More than 75 percent decline over 27 years in total flying insect biomass in protected areas. *PLoS ONE* 12(10): e0185809. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0185809>
- Holzschuh A, Steffan-Dewenter I, Kleijn D, Tschardt T (2007): Diversity of flower-visiting bees in cereal fields: effects of farming system, landscape composition and regional context. *Journal of Applied Ecology* 44: 41-49.
- Holzschuh A, Steffan-Dewenter I, Tschardt T (2008): Agricultural landscapes with organic crops support higher pollinator diversity. *Oikos* 117: 354-361.
- JKI (Julius-Kühn-Institut) (2017): Handlungsempfehlung der Bund-Länder-Expertengruppe zur Anwendung von Glyphosat im Ackerbau und in der Grünlandbewirtschaftung. *Berichte aus dem Julius-Kühn-Institut* 187: 1-11.
- Kormann U, Rösch V, Batáry P, Tschardt T, Orci KM, Samu F, Scherber C (2015): Local and landscape management drive trait-mediated biodiversity of nine taxa on small grassland fragments. *Diversity and Distributions* 21: 1204-1217.

- Lechenet, M., Dessaint, F., Py, G., Makowski, D., & Munier-Jolain, N. (2017). Reducing pesticide use while preserving crop productivity and profitability on arable farms. *Nature Plants*, 3(3), 17008.
- Lichtenberg, Elinor M., et al. (2017) A global synthesis of the effects of diversified farming systems on arthropod diversity within fields and across agricultural landscapes. *Global Change Biology* 23.11 (2017): 4946-4957.
- Mahlerwein, G. (2016) Grundzüge der Agrargeschichte. Band 3: Die Moderne (1880-2010), Böhlau, Köln.
- Melander, B., Liebman, M., Davis, A. S., Gallandt, E. R., Bàrberi, P., Moonen, A. C., ... & Vidotto, F. (2017). Non-Chemical Weed Management. *Weed Research: Expanding Horizons*, 245-270.
- Meyer, S.T., Ptacnik, R., Hillebrand, H., Bessler, H., Buchmann, N., Ebeling, A., Eisenhauer, N., Engels, C., Fischer, M., Halle, S., Klein, A.-M., Oelmann, Y., Roscher, C., Rottstock, T., Scherber, C., Scheu, S., Schmid, B., Schulze, E.-D., Temperton, V.M., Tschantke, T., Voigt, W., Weigelt, A., Wilcke, W., Weisser, W.W. (2018) Biodiversity–multifunctionality relationships depend on identity and number of measured functions. *Nature Ecology & Evolution* 2, 44–49. <https://doi.org/10.1038/s41559-017-0391-4>
- Meyer S, Wesche K, Krause B, Leuschner C (2013) Dramatic losses of specialist arable plants in Central Germany since the 1950/60s – a cross-regional analysis. *Diversity and Distributions* 19: 461-471.
- Moss, S. (2017) Herbicide Resistance in Weeds. *Weed Research: Expanding Horizons*, 181-214.
- Müller-Schärer, H, Scheepens, PC, and Greaves, MP (2000) Biological control of weeds in European crops: recent achievements and future work. *Weed Research*, 40: 83–98.
- Norris, R. F., & Kogan, M. (2005). Ecology of interactions between weeds and arthropods. *Annu. Rev. Entomol.*, 50, 479-503.
- Pe'er, G., Zinngrebe, Y., Hauck, J., Schindler, S., Dittrich, A., Zingg, S., Tschantke, T., Oppermann, R., Sutcliffe, L.M.E., Sirami, C., Schmidt, J., Hoyer, C., Schleyer, C., Lakner, S., 2017. Adding Some Green to the Greening: Improving the EU's Ecological Focus Areas for Biodiversity and Farmers. *CONSERVATION LETTERS* 10, 517–530. doi:10.1111/conl.12333
- Plötner, J. & Matschke, J. (2012): Acute and sublethal toxicity and indirect effects of glyphosate and its formulations on amphibians - a review. *Zeitschrift für Feldherpetologie* 19: 1-20.
- Pocock, M. J., Evans, D. M., & Memmott, J. (2012). The robustness and restoration of a network of ecological networks. *Science*, 335(6071), 973-977.

- Purvis, G., & Curry, J. P. (1984). The influence of weeds and farmyard manure on the activity of Carabidae and other ground-dwelling arthropods in a sugar beet crop. *Journal of Applied Ecology*, 271-283.
- Relyea, R.A. (2005a): The Impact of Insecticides and Herbicides on the Biodiversity and Productivity of Aquatic Communities. *Ecological Applications* 15 (2): 618-627.
- Relyea, R.A. (2005b): The lethal impact of roundup on aquatic and terrestrial amphibians. *Ecological Applications* 15: 1118-1124.
- Roschewitz I, Gabriel D, Tschardt T, Thies C (2005): The effects of landscape complexity on arable weed species diversity in organic and conventional farming. *Journal of Applied Ecology* 42: 873-882.
- Roßberg D (2016) Erhebungen zur Anwendung von Pflanzenschutzmitteln im Ackerbau. *Journal für Kulturpflanzen* 68: 25-37
- Scherber C, Eisenhauer N, Weisser WW, Schmid B, Voigt W, Fischer M, Schulze E-D, Roscher E, Weigelt A, Allan E, Beßler H, Bonkowski M, Buchmann N, Buscot F, Clement LW, Ebeling A, Engels C, Halle S, Kertscher I, Klein A-M, Koller R, König S, Kowalski E, Kummer V, Kuu A, Lange M, Lauterbach D, Middelhoff C, Migunova VD, Milcu A, Müller R, Partsch S, Petermann JS, Renker C, Rottstock T, Sabais A, Scheu S, Schumacher J, Temperton VM, Tschardt T (2010): Bottom-up effects of plant diversity on multitrophic interactions in a biodiversity experiment. *Nature* 468: 553-556.
- Schneider, M.I., Sanchez, N., Pineda, S., Chi, H. & Ronco, A. (2009): Impact of glyphosate on the development, fertility and demography of *Chrysoperla externa* (Neuroptera: Chrysopidae): Ecological approach. *Chemosphere* 76: 1451-1455.
- Schulte M (2017): Ökonomische Fragestellungen der Pflanzenproduktion; Glyphosateinsatz – Marktanalysen – Sonderkulturanbau; Cuvillier Verlag ISBN-13 (Printausgabe) 9783736994195; <https://cuvillier.de/de/shop/publications/7481-okonomische-fragestellungen-der-pflanzenproduktion>
- Steffan-Dewenter I, Tschardt T (1997): Early succession of butterfly and plant communities on set-aside fields. *Oecologia* 109: 294-302.
- Steffan-Dewenter I, Tschardt T (2001): Succession of bee communities on fallows. *Ecography* 24: 83-93.
- Steinmann HH & Dobers ES (2013) Spatio-temporal analysis of crop rotations and crop sequence patterns in Northern Germany: potential implications on plant health and crop protection. *Journal of Plant Diseases and Protection* 120: 85-94.
- Steinmann HH, Theuvsen L, Gerowitt B (2016) Rahmenbedingungen für eine künftige Anwendung von Glyphosat im Ackerbau. *AgraEurope* 23/16: 11-14.

- Storkey, J., Meyer, S., Still, K. S., & Leuschner, C. (2012) The impact of agricultural intensification and land-use change on the European arable flora. *Proc Roy Soc B* doi:10.1098/rspb.2011.1686.
- Tscharntke T, Brandl R (2004): Plant-insect interactions in fragmented landscapes. *Annual Review of Entomology* 49: 405-430.
- Tscharntke T, Greiler H-J, Steffan-Dewenter I, Kruess A, Gathmann A, Zabel J, Wesselerling J, Kuhnhenne J, Vu M-H (1996): Die Flächenstilllegung in der Landwirtschaft - eine Chance für Flora und Fauna der Agrarlandschaft? *NNA-Berichte* 2/96: 59-72.
- Tscharntke T, Klein A-M, Kruess A, Steffan-Dewenter I, Thies C (2005): Landscape perspectives on agricultural intensification and biodiversity - ecosystem service management. *Ecology Letters* 8: 857-874.
- Tscharntke T, Clough Y, Wanger TC, Jackson L, Motzke I, Perfecto I, Vandermeer J, Whitbread A (2012a): Global food security, biodiversity conservation and the future of agricultural intensification. *Biological Conservation* 151: 53–59.
- Tscharntke T, Tylianakis JM, Rand TA, Didham RK, Fahrig L, Batáry P, Bengtsson J, Clough Y, Crist TO, Dormann CF, Ewers RW, Fründ J, Holt RD, Holzschuh A, Klein AM, Kleijn D, Kremen C, Landis DA, Laurance W, Lindenmayer D, Scherber C, Sodhi N, Steffan-Dewenter I, Thies C, van der Putten WH, Westphal C (2012b): Landscape moderation of biodiversity patterns and processes - eight hypotheses. *Biological Reviews* 87: 661-685.
- Tuck, S. L., Winqvist, C., Mota, F., Ahnström, J., Turnbull, L. A., & Bengtsson, J. (2014). Land-use intensity and the effects of organic farming on biodiversity: a hierarchical meta-analysis. *Journal of Applied Ecology*, 51(3), 746-755.
- UBA (Umweltbundesamt) (2016a) 5–Punkte Programm für einen nachhaltigen Pflanzenschutz. Dessau-Roßlau, 1-34.
- UBA (Umweltbundesamt) (2016b) Durch Umweltschutz die biologische Vielfalt erhalten. Dessau-Roßlau, 1-97.
- UBA (Umweltbundesamt) (2016c) Glyphosat. [www.UBA.de](http://www.UBA.de) (5.2.2016)
- UBA (Umweltbundesamt) (2017) Pflanzenschutzverwendung in der Landwirtschaft. Berlin, 21.3.2017.
- Van Bruggen, A. H. C., He, M. M., Shin, K., Mai, V., Jeong, K. C., Finckh, M. R., & Morris, J. G. (2018). Environmental and health effects of the herbicide glyphosate. *Science of The Total Environment*, 616, 255-268.
- Van Swaay, C., Van Strien, A., Aghababayan, K., Astrom, S., Botham, M., Brereton, T., ... & Feldmann, R. (2015). The European Butterfly Indicator for Grassland species: 1990-2013.

Wagner N (2015) Amphibienschutz und Pestizideinsätze. Dissertation an der Universität  
Trier, Fachbereich 6 (Geographie und Geowissenschaften).

Westrich, P. (2018) Faszination Wildbienen.

[https://www.wildbienen.info/bluetenbesuch/oligolektische\\_arten.php](https://www.wildbienen.info/bluetenbesuch/oligolektische_arten.php)

veröffentlicht am 2. Juli 2018

aktualisiert am 18. Juli 2018

V.i.S.d.P.:

Campact e.V., Felix Kolb, Artilleriestraße 6, 27283 Verden